

(51) Int.Cl.⁵
H 0 1 L 21/60識別記号
3 0 1F 1
H 0 1 L 21/60

3 0 1 H

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平8-535195
 (86) (22) 出願日 平成8年(1996) 5月24日
 (85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 11月26日
 (86) 国際出願番号 PCT/US 96/07924
 (87) 国際公開番号 WO 96/37331
 (87) 国際公開日 平成8年(1996) 11月28日
 (31) 優先権主張番号 08/452, 255
 (32) 優先日 1995年5月26日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 08/526, 246
 (32) 優先日 1995年9月21日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

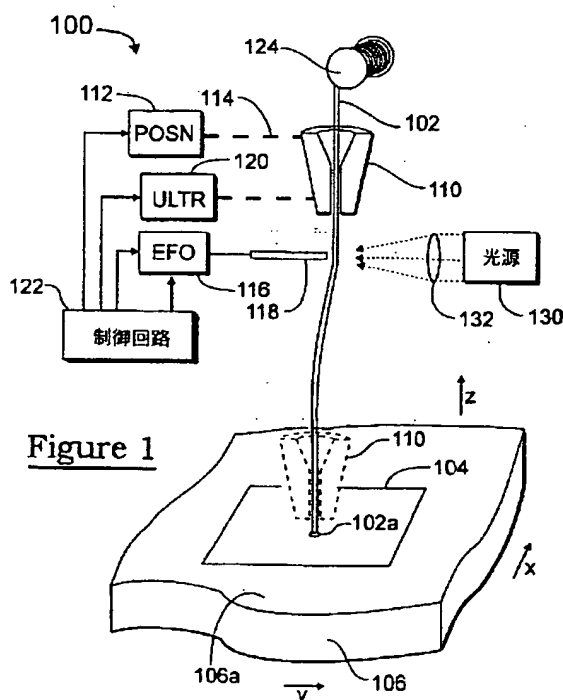
(71) 出願人 フォームファクター, インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国カリフォルニア州94550
 リズモアー, リサーチ・ドライブ・2130
 (72) 発明者 エルドリッジ・ベンジャミン・エヌ
 アメリカ合衆国カリフォルニア州94523
 ダンヴィル, オチョ・リオス・ドライブ・
 901
 (72) 発明者 マシュー, ゲータン, エル
 アメリカ合衆国カリフォルニア州94568
 ダブリン, フォール・クリーク・ロード・
 7980, アパートメント・203
 (74) 代理人 弁理士 古谷 馨 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤボンディング、切断、及びボール形成

(57) 【要約】

ボンディングワイヤ (102、202) を切断するための、及び/又はボンディングワイヤ (代替機構により既に切断されたボンディングワイヤ (202) を含む) の端部に、ボール (234、236) を形成するための放電の効果が、紫外光 (130) の存在において、放電を行うことにより改良される。「スパークギャップ」が、EFO電極 (118、232) とワイヤ (102、202) の間に形成され、そのうちの一方が、スパークギャップのカソードとして機能する。好適には、紫外光 (130) は、スパークギャップのカソードに光子放出を与えると、アーク/プラズマ形成が安定化されると共に、更に信頼性の高く予測可能な結果が生み出される。この技法は、負のEFOシステム又は正のEFOシステムと共に用いることができ、直接光子放出か、又はフィールド支援光子放出の恩恵を受ける。



【特許請求の範囲】

1. ワイヤボンディングを実行する方法であって、
ボンディングワイヤを、毛細管により、電子コンポーネントの端子にボンディングするステップと、
前記毛細管からボンディングワイヤを繰り出すステップと、
を含む方法において、
電極からの放電によりボンディングワイヤを切断するステップと、
ボンディングワイヤを切断する間、紫外光により、前記電極とボンディングワイヤのうちの少なくとも1つを照射するステップと、
を含むことを特徴とする方法。
2. ワイヤボンディング・ワイヤの一端にボールを形成する方法であって、
電極とボンディングワイヤの一端との間に、放電を生じさせるステップを含む方法において、
放電を生じさせる間、紫外光により、前記電極とボンディングワイヤのうちの少なくとも1つを照射するステップを含むことを特徴とする方法。
3. ボンディングワイヤを切断し、ボンディングワイヤの端部にボールを形成する方法であって、
ボンディングワイヤの第1の部分の一端を、ワイヤボンディング装置の毛細管により、電子コンポーネントの端子にボンデ

ィングするステップを含む方法において、

ワイヤの前記第1の部分が、電子コンポーネントの端子にボンディングされる自立型ワイヤシステムとなり、ワイヤの第2の部分の一端が、ワイヤボンディング装置の毛細管から延伸するように、第1の放電を生じさせてワイヤを切断するステップと、

第2の放電を生じさせて、ワイヤの前記第2の部分の前記端部にボールを形成するステップと、

を含むことを特徴とする方法。

4. 電子コンポーネントの端子にワイヤをボンディングするためのワイヤボン

ディング装置であって、

ワイヤを送り、且つボンディングするための毛細管と、

E F O電極と、

からなるワイヤボンディング装置において、

紫外光源と、

該紫外光源から、E F O電極とワイヤのうちの少なくとも1つの方へと、
光を向ける手段と、

からなることを特徴とするワイヤボンディング装置。

5. 前記E F O電極とワイヤは、使用時に、スパークギャップとして機能し、
前記E F O電極とワイヤのうちの一方が、前記スパークギャップのカソードとし
て機能し、

前記光は、スパークギャップの前記カソードに向けられることを特徴とす
る、請求項4に記載のワイヤボンディング装置。

6. ワイヤボンディング装置の電極と、該ワイヤボンディング装

置により供給されるワイヤとの間のスパークの形成を制御する方法において、

ワイヤボンディング装置の電極とワイヤとの間のスパークを開始する前に
、前記スパークの形成を強化する特性を有する光により、前記電極とワイヤのう
ちの少なくとも1つを照射するステップを含むことを特徴とする方法。

7. 前記光は、紫外光であることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

8. 前記光は、184ナノメートル(nm)の波長を有することを特徴とする
、請求項7に記載の方法。

9. 前記光は、前記電極とワイヤを投光照射するようせしめられることを特徴
とする、請求項6に記載の方法。

10. 前記光は、前記電極とワイヤのうちの少なくとも1つに合焦されること特
徴とする、請求項6に記載の方法。

11. ワイヤボンディング装置におけるワイヤ切断の均一性、及び火花放電降伏
を安定化する方法であって、

ワイヤを切断するために、高電圧アークを与えるステップを含む方法にお

いて、

高電圧を与えることと共に、前記高電圧アークを形成することが所望される領域に光を与えるステップを含むことを特徴とする方法。

12. 前記光は、紫外光であることを特徴とする、請求項11に記載の方法。

13. 前記光は、184ナノメートル（nm）の波長を有することを特徴とする、請求項12に記載の方法。

14. 前記光は、前記高電圧アークを形成することが所望される前記領域に投光照射するようせしめられることを特徴とする、請求項11に記載の方法。

15. 前記光は、前記電極とワイヤのうちの少なくとも1つに合焦されること特徴とする、請求項11に記載の方法。

16. ワイヤボンディング装置のEFOシステムのカソード要素における光電子の生成を刺激する方法において、

前記カソード要素における光電子の生成を刺激するのに十分なエネルギーを有する光により、EFO構成要素の前記カソード要素を照射するステップを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

ワイヤボンディング、切断、及びボール形成

発明の技術分野

本発明は、電子コンポーネント、特に超小型電子コンポーネント間で相互接続を行うことに関し、更に詳細には、ワイヤボンディングに関する。

関連出願に対する相互参照

本願は、同一出願人による1995年5月26日に出願された米国特許同時係属出願第08/452,255号（以後、「親事例」と呼ぶ）、及び1995年11月13日に出願されたその対応PCT特許出願番号PCT/US95/14909の一部継続出願であり、その両方は、同一出願人による1994年11月15日に出願された米国特許同時係属出願第08/340,144号、及び1994年11月16日に出願されたその対応PCT特許出願番号PCT/US94/13373（WO 95/14314 として1995年5月26日に公告）の一部継続出願であり、それらは両方とも、同一出願による1993年11月16日に出願された米国特許同時係属出願第08/152,812号（現在では、1995年12月19日に認可された米国特許第5,476,211号）の一部継続出願である。それらの全てを、参照として本明細書に取り込む。

本願は又、同一出願人による、以下の米国特許同時係属出願の一部継続出願でもある。すなわち、

1995年9月21日に出願された第08/526,246号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14843）、

1995年10月18日に出願された第08/533,584号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14842）、

1995年11月9日に出願された第08/554,902号（1995年11月13日に出願されたPCT/US95/14844）、

1995年11月15日に出願された第08/558,332号（1995年11月15日に出願されたPCT/US95/14885）、

1995年12月18日に出願された第08/573,945号、

1996年1月11日に出願された第08/584,981号、

1996年2月15日に出願された第08/602,179号、
1996年2月21日に出願された第60/012,027号、
1996年2月22日に出願された第60/012,040号、
1996年3月5日に出願された第60/012,878号、
1996年3月11日に出願された第60/013,247号、及び
1996年5月17日に出願された第60/005,189号である。これらの全ては、
上述の親事例の一部継続出願であり、それらの全てを、参照として本明細書に取り込む。

発明の背景

電子コンポーネント、特に、半導体素子（チップ）等の超小型電子コンポーネントは、複数の端子（接着パッド、電極、又は導電領域とも呼ばれる）を備えることが多い。かかる素子を有用なシステム（又は、サブシステム）に組み付けるために、多数の個々の素子が、通常プリント回路（又は、布線）基板（PCB、PWB）の媒介を通して、互いに及び／又は他の電子コンポーネントと電氣的に

相互接続される必要がある。

半導体素子は、通常、ピン、パッド、リード、半田ボール、その他の形態で、複数の外部接続点を有する半導体パッケージ内に配設される。多数の型式の半導体パッケージが知られており、パッケージ内で半導体素子を接続するための技法には、ワイヤボンディング、テープ自動化ボンディング（TAB）、その他が含まれる。ある場合には、半導体素子は、隆起バンプ接触部を備え、他の電子コンポーネント上にフリップチップ技法により接続される。本特許出願は、主に、2つの電子コンポーネント間でワイヤボンディング接続を行うことに対処するものである。

その優れた導電、及び非腐食特性に起因して、金は、電子コンポーネント間で電氣的接続をなすための「選定材料」である。例えば、半導体ダイ上の導電性パッドと、リードフレーム・フィンガの内端との間で、複数のワイヤボンディング接続をなすことは周知のところである。

本発明は、ワイヤボンディング装置を有利に使用するもので、一般に、ワイヤ

(例えば、金ワイヤ)が、毛細管(「ボンディング・ヘッド」とも呼ばれる)を介してスプールから供給され、基板(例えば、電子コンポーネント)にボンディングされる。一般に、ボンディング・ヘッドの性質は、それによりなされるボンディングの性質によって決定される。ボンディング・ヘッドが、ボール・ボンディングをなすためのものである場合、それは一般に「毛細管」となる。ボンディング・ヘッドが、くさびボンディングをなすためのもの

のである場合、それは一般に「くさび」となり、これらの用語は、当該技術で認知された意味を有する。問題を簡単にするために、主に今後は、「毛細管」という用語を用いて、ボール・ボンディングか、又はくさびボンディングをなし、ボンディング時に、熱エネルギー及び/又は圧縮を適用するのに適したボンディング・ヘッドを示すことにする。

従来的なワイヤボンディング・ループを形成するには、毛細管が、第1の電子コンポーネントの端子を圧迫し、そこにワイヤの自由端をボンディングし、次に、別の電子コンポーネントの端子へと移り(すなわち、上へ、渡って、下へ)、そこにワイヤをボンディングする。次に、ワイヤは切断され、別のワイヤボンディング接続の準備がなされる。切断後、且つ別のワイヤボンディング接続をなす前に、重要点として、毛細管から突出するワイヤの自由端にボール(拡大領域、一般にはボールの形状をとる)を形成することがある。この目的のために、周知事項として、電極とワイヤの自由端との間にスパークを与えることにより、ワイヤの自由端をボール形状へと溶かすことがある。ワイヤの自由端にボールを有効に生成することが失敗すると、結果として、後続のワイヤボンディングを行うことが失敗となる。自動化ワイヤボンディング設備の場合、ワイヤの端部にボールを作ることが失敗する結果として、全体の生産ラインが遮断する可能性がある。ボールが、ワイヤの端部に成功裡に生成されたか否かを判定するために、各種の機構が知られている。

以下の米国特許(該当時期に、特許番号、第1発明者、発行の年

／月、及びUS分類／副分類により挙げられた)は、参照として本明細書に取り

込むが、背景として引用する。

(a) 米国特許第5,110,032号 (Akivamaその他、92年5月、US分類228/102)、名称「METHOD AND APPRATUS FOR WIRE BONDING」には、毛細管(10)を介してワイヤスプール(12)から供給されるワイヤ(13)が開示されている。(この特許の場合、ワイヤ13は絶縁される。)CPU(プロセッサ)とメモリユニット(ソフトウェアコマンド用の記憶)を含む、制御ユニット(20)が示されている。制御ユニットは、毛細管の移動にわたる、及び放電電極(17)と関連して用いられて、放電電圧でワイヤを切断する放電電力ユニット(18)にわたる制御を実行する。

(b) 米国特許第3,460,238号 (Christyその他、69年8月、US分類227/111)、名称「WIRE SEVERING IN WIRE BONDING MACHINES」は、ワイヤボンディング装置におけるワイヤ切断動作が、ワイヤを摩擦係合するのに十分な、且つボンディング領域から離れてワイヤを変形するには不十分な圧力を保持することにより、ボンディング針(又は、本明細書で用いるような「毛細管」)を移動させることを含む技法を目指すものである。

(c) 米国特許第5,095,187号 (Gliga、92年3月、US分類219/68)、名称「WEAKENING WIRE SUPPLIED THROUGH A WIRE BONDER」には、ワイヤが、熱、圧力、及び振動のうちの1つ、又はそれらの組合せを加えることにより、電子コンポーネント上の接触子にボンディングされる、ワイヤボンディング技法が開示されている。

この特許は、熱を局所的に加えることにより、ワイヤを弱くする又は切断する旨、及び如何にして切断動作が、結果として、ワイヤの切断端部上の拡がり部を生じさせるかを論じている。切断熱は、電極の手段により、ワイヤに加えることができ、電極からの電界が、ワイヤに延伸するように作られるため、アークを、電極とワイヤの間に生み出すことができる。この特許には、アークの第1の部分が、ワイヤを弱くするための第1の極性にあり、アークの第2の部分が、ワイヤから放出される帯電粒子の分散を制御するための反転極性にある、切断技法が記載されている。

(d) 米国特許第4,955,523号 (Carlomagnoその他、90年9月、US分類228/179)、名称「INTERCONNECTION OF ELECTRONIC COMPONENTS」には、電子コンポーネントを相互接続するための技法が開示されており、そこで、相互接続ワイヤが、接触子及びワイヤ材料以外の材料を用いることなく、第1の電子コンポーネント(半導体ダイ(1)等)上の接触子にボンディングされる。ワイヤは次に、ワイヤ径の2から20倍(2dから10d)の間の所望の長さに切断され、半田等の導電材料の手段により、第2のコンポーネント(21)上の接触子にボンディングされる。ワイヤは、一旦第1のコンポーネントにボンディングされると、ボンディング・ヘッドの側壁内の開口(13)を介して、所望の長さで(ワイヤボンディング装置のボンディング・ヘッド(9)により)切断される。この目的のために、電極(51)が開口(13)内に挿入される。この特許に示されるように、自立型ワイヤ(7)が、第2のコンポーネン

トの窪みにおいて、半田等の導電材料のプール(27)内に挿入された端部を有する。やはり「INTERCONNECTION OF ELECTRONIC COMPONENTS」と称する、米国特許第5,189,507号 (Carlomagnoその他、93年2月、US分類257/777)も参照されたい。

発明の簡単な説明 (摘要)

本発明の一般的な目的は、ワイヤボンディングのための改良した技法を提供することであり、それには、ワイヤボンディング装置の改良が含まれる。

本発明の他の目的は、ボンディングワイヤを切断して、ボンディングワイヤの端部にボールを形成するための改良した技法を提供することにある。

本発明によれば、ワイヤを切断、及び/又はワイヤの端部にボールを形成する工程が、電子的火炎射出(EFO)技法を用いて、その工程時に光を与えることにより向上する。好適には、光は紫外光である。

光は、電子的火炎射出システムのカソード要素に照射されるが、これは、該システムの「極性」に依存して、EFO電極か、又はワイヤのどちらかである。

光は、該システムのカソード要素に集束されるか、又は該システムを投光照射する。

光は、照射しようとする表面（例えば、カソード）よりも高い光子エネルギーを有する（「直接」光子放出）が、又は照射しようとする表面よりも低い光子エネルギーを有する（「フィールド支援」

光子放出）。

本発明の1つの特徴によれば、スパークを発生して、既に切断された供給ワイヤの端部にボールを形成する前に、毛細管と電極が、前に形成されたボンディングワイヤから離れて（又はその逆に）移動される。

本発明の他の目的、特徴、及び利点は、本発明の以下の説明から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

次に、本発明の好適な実施例を詳細に参照し、その例は、添付図面に示されている。これら好適な実施例に関連して、本発明を説明するが、理解されたいのは、これら特定の実施例に、本発明の精神及び範囲を限定することは意図しない、ということである。

図1は、本発明に従った、ワイヤボンディング装置、及び基板（電子コンポーネント）にボンディングし終えた端部を有するボンディングワイヤの部分概略、部分斜視図である。

図1Aは、本発明の動作原理を示すタイミング図である。

図2Aは、本発明の1つの態様に従った、基板から上昇したワイヤボンディング・ヘッド（毛細管）の側面図であり、ワイヤの電子的火炎射出（EFO）切断を実行するための電極を備えている。

図2Bは、本発明の1つの態様に従った、ワイヤが図2Aの技法により切断された後の、基板から上昇したワイヤボンディング・ヘッド（毛細管）の側面図である。

図2Cは、本発明の1つの態様に従った、ワイヤが代替（図2B

に対して）技法により切断された後の、基板から上昇したワイヤボンディング・ヘッド（毛細管）の側面図である。

図2Dは、本発明の1つの態様に従った、ワイヤが代替（図2B及び2Cに対して）技法により切断された後の、基板から上昇したワイヤボンディング・ヘッド（毛細管）の側面図である。

発明の詳細な説明

ワイヤシステムの形成及び成形

図1は、電子コンポーネント106の表面106a上の端子104に、ワイヤ102の自由端102aをボンディングし終えたワイヤボンディング装置100を示す。

ワイヤボンディング装置は、ステージ又はチャック（不図示）と、毛細管110と、連結部114を介して、毛細管110に動作可能に接続された位置決め機構（POSN）112と、EFO電極118と、通常は（例えば、熱音波ワイヤボンディング用には）超音波変換器（ULTR）120と、上述の構成要素にわたって制御を遂行する制御機構（CONTROL）122からなる。ワイヤ102は、供給スプール124から与えられ、毛細管110のオリフィスを介して送られる。ワイヤの自由端102aを電子コンポーネント106の端子104にボンディングするために、毛細管110が下方に（図で見ると、点線で示されている）移動されて、ワイヤ102の自由端102aが、端子104にボンディングされる（例えば、熱圧縮により）。

ワイヤ（102）の自由端（102a）の電子コンポーネント

（106）へのボンディングが完了すると、毛細管（110）が、電子コンポーネントの表面から概ね上方に（z軸方向に）移動されて、通常x-yテーブル（不図示）に実装される電子コンポーネントが、x方向及びy方向に移動される。これにより、毛細管と電子コンポーネントの間の相対運動が与えられ、これは、主に以降では、毛細管が、3軸（x軸、y軸、z軸）で移動するとして説明する。毛細管（110）が移動するにつれて、ワイヤ（102）が、毛細管（110）の端部から「繰り出される」。

ボンディング装置ヘッド（毛細管を含む）に、複数の自由度を有するワイヤボンディング装置を、静止した構成要素ステージと関連して用いて、所望の3軸移

動が達成されることは、本発明の範囲内である。

ワイヤの切断

上述のように、ワイヤ（１０２）の自由端（１０２ａ）が、電子コンポーネント（１０６）にボンディングされて、ワイヤボンディング・ループが形成されると、ワイヤ（２０２）は切断されて、毛細管１１０の端部から延伸するワイヤの新しい自由端が残される。ワイヤが切断されると、その新しい自由端にボールを形成することが望ましい。これが実施されるのは、通常、ＥＦＯ電極１１８とワイヤの新しい自由端との間に、スパークを生じさせることによる。

以下の図面において、例として、一端にのみボンディングされているワイヤの切断について説明する。かかる自立型ワイヤシステムの実用性については、親事例に詳細に記載されている。

理解されたいのは、本発明が、ワイヤを切断するために、及び／又は毛細管から延伸するワイヤの新しい自由端にボールを形成するために、ＥＦＯを伴うどんなワイヤボンディング作業にも適用可能である、ということである。

本発明の１つの態様によれば、ＥＦＯ電極（カソード）に光子放出を行うことにより、アーク／プラズマ形成が安定化されて、更に信頼性の良い且つ予測可能なワイヤ分断（切断）挙動が生み出される。この技法は、負のＥＦＯ又は正のＥＦＯと関連して利用できる。

本発明の他の態様によれば、ＥＦＯ電極に光子放出を行うことにより、切断ワイヤの端部に優れたボール形成が生み出される。

図１に示すように、ワイヤ１０２を切断しようとする場所に、例えば毛細管１１０の先端の直ぐ下に、光源１３０が光を向ける。図示のように、光は、レンズ１３２により集束される。光が、関連したレンズを備えることのできる光ファイバケーブルを介して搬送されることは、本発明の範囲内である。任意の適切な光学装置（例えば、レンズ、ミラー、ファイバ光学装置）を、光路に配設することができる。

電極１１８は、アノードか、又はカソードとして機能し、その場合、ワイヤは、それぞれ、カソードか、又はアノードとして機能することになる。好適には、

光は、結果としてのカソード／アノード（２要素）「スパークギャップ」のカソード要素として機能する要素（電極又はワイヤ）に合焦する。

好適には、光源１３０からの光は、波長が１８４ｎｍの紫外（Ｕ

V）光であるが、本発明の切断及び／又はボール形成に対する改良は、２５４ｎｍ等の異なる波長の光により達成可能であり、これは、カソード（スパークギャップの）からの電子放出に適している。

UV光源は、水銀ランプとすることも、又は切断及び／又はボール形成の発生を意図する領域に向けられる、他の周波数（波長）の光を出力する任意の適切な光源とすることができる。

EFO電極は、毛細管の先端に近接した任意の適切な場所に位置決めでき、そこに実装される（及びそこから離間される）か、又は工程中の適時に適切な位置決め機構（例えば、ソレノイド）により位置決めされることも含まれる。EFO電極は、毛細管の先端と一致したレベル、それより僅か上、又はそれより僅か下（直ぐ下）とすることができる。EFO電極を、毛細管の先端（下端）より僅か上に配設することは、毛細管から延伸する供給ワイヤの端部にボールを形成するために、僅かながら好適である。

図２Ａ及び２Ｂに詳細に示すように（例示の明瞭化のために、光源１３０は省略している）、電子コンポーネント２０８（１０６に匹敵）上の端子２１２（１０５に匹敵）にボンディングされているワイヤ２０２（１０２に匹敵）が、毛細管２０４（１１０に匹敵）に隣接して（例えば、直下に）配置される電極２３２（１１８に匹敵）により切断される。この結果として、ワイヤ２０２は、２つの部分に切断されることになり、その部分は、（a）電子コンポーネントにボンディングされる低い方のワイヤシステム部分２３０と、（b）スプール（不図示、図１の１２４を参照）から毛細管２０４

を介して延伸し、「新しい」送り端を有する高い方の供給部分２３１である。

図２Ｂに示すように、この結果として、ボール（直径が広がった領域）２３４が、既にボンディング及び切断されたワイヤ区分２３０の上（図で見て）端に形

成され、また上記結果として、同様のボール236が、供給ワイヤ231の新しい送り端に形成されることになる。これらのボール234及び236は、以下の理由のために重要である。

(a) 任意として、ボール234によって、ワイヤシステム230の先端に「輪郭」が与えられ、これは、(親事例に記載されるようにして)ワイヤシステム230の先端により、電子コンポーネントに圧力接続を行うのに有利である。

(b) ボール236は、供給ワイヤ231の自由端と、電子コンポーネントの別の端子(又は、別の電子コンポーネントのある端子)との間で、後続のボンディングを行うのに非常に適している(例えば、必要である)。

毛細管から送られるワイヤの供給側にボール(236)を形成すること(直ぐ上の(b)を参照)は、ワイヤの後続のボンディングにとって本質的であるだけでなく、スルーブットに対する主要問題を表すことにもなる。慣用的なワイヤボンディングの場合、工程が高度自動化方式で進むことを意図した場合が多い。後続のボンディングを行う前に、かかるボールが成功裡に形成されたか否かを確認することは周知のところであり、送りワイヤの端部に、かかるボー

ルを備えていないと、工程を停止させ、人間の介入を必要とすることになる。

本発明によれば、ワイヤの電子的火炎射出による切断と関連して光子放出を用いると、ボール形成及びボール寸法分布が改良されて、ボールが欠落する頻度が低減することが分かった。かかる光子支援のスパークによるワイヤ切断は、どんな(汎用的な)ワイヤボンディング作業とも関連して有利であり、より低いピーク電圧条件下で工程を進めるような各種のEFO回路修正と共に用いることができる。

一般に、技術的な観点から、本発明の技法は、「直接」(好ましい)光子放出か、又は「フィールド支援」光子放出を利用して、放電降伏(ワイヤを切断するアーク)を更に安定にし、任意として、切断の切断高さ(z軸座標)を更に制御可能にする。ワイヤの切断高さを正確に制御可能にするという上記後者の利点は、親事例に更に詳細に論じられている。

一般に、「直接」光子放出が生じるのは、入射光(すなわち、光子)のエネル

ギーが、照射しようとする表面の仕事関数よりも大きい場合であり、「フィールド支援」光子放出が生じるのは、照射しようとする表面の仕事関数が、入射光のエネルギーよりも大きい場合である。

上述のように、光（130、図2A-2Dには不図示）は、ワイヤ202のスポットに合焦され、そこで、ワイヤを切断することが望ましい。これは、正のEFOを用いるワイヤボンディング装置の

場合に好ましく、その場合、スパークはワイヤにおいて開始する。代替として、光は、電極232を含む領域を投光照射することもできる。これは、負のEFOを用いるワイヤボンディング装置の場合に好ましく、その場合、スパークは電極232において開始する。いずれの場合でも、紫外光を用いると、周囲のガス状成分のなだれ降伏が支援されて、電子が、電極からワイヤへと（又は、その逆）進むのが「更に容易に」なる。一般に、投光照射（例えば、負のEFOに関連する）は、自己選択性となる傾向があり、合焦照射（例えば、正のEFOに関連する）よりも信頼性が高くなる。投光照射によると、電極の鋭利な先端が、放電開始が起きる電極の箇所を「選択する」。

従来の連続送りボール・ボンディングの場合、高電圧アーク（又は、EFO）を用いて、各表面ボンディング事象の中間で、ワイヤが切断される。連続的なボール・ボンディングのワイヤ切断段階は、通常は、副次的な表面接着を形成した後、ワイヤをセン断することにより達成される。一般に、セン断ワイヤの完成した高さは厳密ではないので、ワイヤを切断する際に均一な高さを得るEFOの能力は重要ではない。

この状況とは対照的に、ワイヤの高さの均一性は、親事例に開示される発明の、連続送りによる復元性のある接触子（自立型相互接続要素）の形成工程においては、大いに重要である。EFOスパーク切断の切断高さを制御可能である能力は、最終結果の品質に直接影響を及ぼす。というのは、接触子アレイの均一性及び平坦性は、

主に、この能力の関数となるためである（機械的なセン断又は切断ではなく、ス

パーク切断を用いる場合)。

本発明の1つの態様によれば、ワイヤを切断するのに高電圧アークを用いる場合、紫外光を用いて、ワイヤ切断の均一性と火花放電降伏が安定化される。2つの電極間のガスにおける高電圧アークの形成は、なだれ工程であり、その場合、なおも増大する電子の滝により、益々多くのイオン化ガス分子が生成されるが、これは、電流担持プラズマが、放電のアノードとカソード間に形成されるまで続く。通常、アークの開始には、カソード電極におけるフィールド放出が、少数の電子を供給して放電降伏を開始させることが必要である。

本発明によれば、EFO放電のカソード要素において、光電子の生成を刺激するために、紫外(UV)ランプを用いて、カソード電極を照射する。これにより、放出に必要な閾値電界が低下するが、それは、十分なエネルギー(例えば、3~5 eV(電子ボルト))のUV(紫外)光子を用いて、高電界印加の条件下で、(スパークギャップの)カソードにおいて自由電子の生成を刺激することによる。一般に、エネルギーは、空気に対する、又は光が横断する任意のチャネリング材料(光ファイバケーブル等の)に対する吸収遮断より低くなるように制限すべきである。

スパークギャップ・カソードの役割は、電極の切断(負のEFO構成、この方が好ましい)か、又はワイヤの連続送り(正のEFO代替実施例)により果たされる。投光UV照射か、又は合焦UV照

射が利用される。正のEFOの場合のワイヤの合焦照射は、ワイヤの電子放出箇所を局所化して、切断プラズマが先ず形成される箇所を制御することにより、ワイヤの高さを制御するのに役立つ。投光照射は又、ワイヤの高さの安定化装置としても機能する。というのは、それは、カソードと電極の間のアーク形成を安定化するためである。

電子的火炎射出時に紫外光を与えることに起因したボールを形成する際の改良は、以下のことに帰属し得ると考えられる。従来のワイヤボンディング装置の場合、火炎射出電極(例えば、232)の電圧は、ある回路(例えば、234)により制御される。電極の電圧は、点火期間時に著しく増大(例えば、ゼロから)

及び低下する（スパークは、幾分、短絡回路として機能する）。点火期間の持続時間は、監視され、それが、制御回路（例えば、222）内の「ウォッチドッグ」式タイマにより設定された所定の閾値を超えると、ボールが形成されなかったことが推測され得る。工程は本来、多少不確定なものであり、複数の「試行」を、ピークとピークからの統計的偏差とを有する、慣用的な統計的（例えば、釣り鐘状）曲線としてグラフ化することができる。

図1Aは、この現象を非常に一般的な仕方で示し、そこで、水平軸は時間であり、垂直軸は電圧（又は電流）である。「 t_0 」で表記した時間において、電圧が、EFO回路（116）により、EFO電極（118）に印加されるが、これは「印加電圧」と表記したラインで示される。「 t_1 」と表記した時間は、電極とワイヤの間

のスパークの始まりを表し、スパーク電流は、「火花放電電流」と表記したラインで表される。 t_0 と t_1 間の間隔「デルタ t 」、すなわちスパークの始まりの遅延は、問題とする区域である。本発明に従った、火花放電と共に紫外光を用いると、デルタ t が短くなり、デルタ t 値の分布が狭くなるためより明確になる。

他の観点から見ると、一般に、EFO時に紫外光を与えることにより、スパークの開始時間（デルタ t ）が長くなり、それによって、所定の時間間隔を超える頻度が低減して、規定の時間間隔内にボールが形成される公算が高くなると考えられる。ゆえに、電子的火炎射出時に紫外光を与えると、スパークの開始時間が短くなるだけでなく、ボール生成の失敗を示すタイムアウトが大幅に低減される。

本発明は、電子的火炎射出（EFO）技法を用いて、毛細管の先端の直ぐ下でワイヤを切断することに関連して説明してきたが、ワイヤ切断が、機械的手段といった他の手段を用いて、また毛細管内といった他の場所で（例えば、上述の米国特許第4,955,523号を参照、そこでは、ワイヤは毛細管（ボンディングヘッド）内で切断される）可能であることは、本発明の十分範囲内である。しかし、ボール形状をワイヤシステムの端部に付与することが所望であれば、追加のステップ（別個のボール形成）を実行することが必要となろう。

2ステップ工程

本発明の1つの態様によれば、ワイヤ溶融とボール形成が、2つの別個で連続したステップ（1ステップに組み合わせるのではなく）で実行される。先ずワイヤシステムが、第1のEFO放電により溶融

（切断）され、次にボールが、それらの端部（先端）に、第2のEFO放電により形成される。自立型ワイヤシステムに関連して、この結果として、より厳格なワイヤの高さ分布となり、このことは、複数のワイヤシステムの先端の共平面性を確実にするうえで重要であり、その本発明の特徴は、以下で更に詳細に説明する。

図2Cは、基板208の表面から延伸するステム部分230と、送り部分231とを有するように、電極232からアークにより切断されたワイヤシステムを示す。この場合、アーク強度は、大幅な寸法のボール（図2Bの234と236に匹敵）を形成させることなく、ワイヤを切断するのに丁度十分となるように制御（最小化）される。図2Bに示すボール234及び236に匹敵するボールが、ボールを形成するのに適切な任意の技法を用いて、後続の処理ステップで形成可能である。ワイヤのステム部分（例えば、230）の先端にボールを形成することなく、ワイヤの供給部分（例えば、231）の先端にボールを形成することは、本発明の範囲内である。

図2Dは、切断時にワイヤシステムがスプリングバックする傾向がある状況に適用でき、ワイヤの供給部分231の先端（端部）におけるボールの形成を制御するための1つの技法を示す。電極232にスパークを発生させる前に、毛細管204が、X又はY方向に約0.1mm（ミリメートル）だけ移動される。（もっと正確には、X-Yテーブルにより移動されるのは基板である。）EFO電極232は、毛細管204に実装されて、それと共に移動するのが好ましい。この図において、毛細管及びEFOは、ワイヤのワイヤ

ステム部分230に対して、左に移動するように示されている。この毛細管/EFOの横方向変位により、ワイヤステム部分230が、ワイヤの切断時に、右に（図で見て）さっと移動させられることになる。これには、多数の重要な利点が

あり、その中には以下の利点がある。

(a) 火花放電の前に毛細管を移動させることにより、ワイヤが予備荷重されて、最小の刺激（例えば、スパーク）で自身をすぐにでも切断する態勢が整う。これは、ナイフで糸を切る前に、糸を緊密に引き延ばすことと類似している。

(b) ワイヤシステム部分（230）は通常、接地への最短経路を表すが、そのワイヤシステム部分を、切断されることになるワイヤの直ぐ上に、EFO電極（232）から離してスナップさせると、結果として、供給部分（231）が接地への最短経路となる。一般に、EFOにより与えられるスパークは、接地への最短経路を「探し求め」ようとする。このようにして、ワイヤの供給部分の先端でのボール形成が、更に信頼性良く制御される。

後者の（b）に関して、一般に、基板（そこに、ボンディングワイヤがボンディングされる）が接地されると、ボールは、自立型ワイヤシステムに形成されることになる。そして、基板が絶縁される（浮動電位に）と、ボールは、ワイヤの供給部分の端部に形成されることになる。

多くの例があり、基板208と、そこにボンディングされるワイヤシステム部分230とが、接地に接続されない方が好ましい場合も

ある。かかる場合、ワイヤの供給部分の電気抵抗（R1）は通常、ワイヤシステムの電気抵抗（R2）よりもはるかに大きくなる（すなわち、 $R1 \gg R2$ ）。ワイヤの切断後、スパークは、基板にボンディングされるワイヤシステムの遠位端に、大きなボールを形成する傾向がある。

切断時に、ワイヤシステムが、スプリングバックする傾向を示さない（ワイヤシステムの形状か、又は材料に起因して）場合、毛細管とEFO電極は、ボール形成スパークを開始する前に、X又はY方向に 4 ± 2 ミルといった、「休止」位置から任意の適切な距離だけ移動させることができる。EFOは、ワイヤを切断するのに一度点火され、その後、ボールを形成するのに再度点火される。

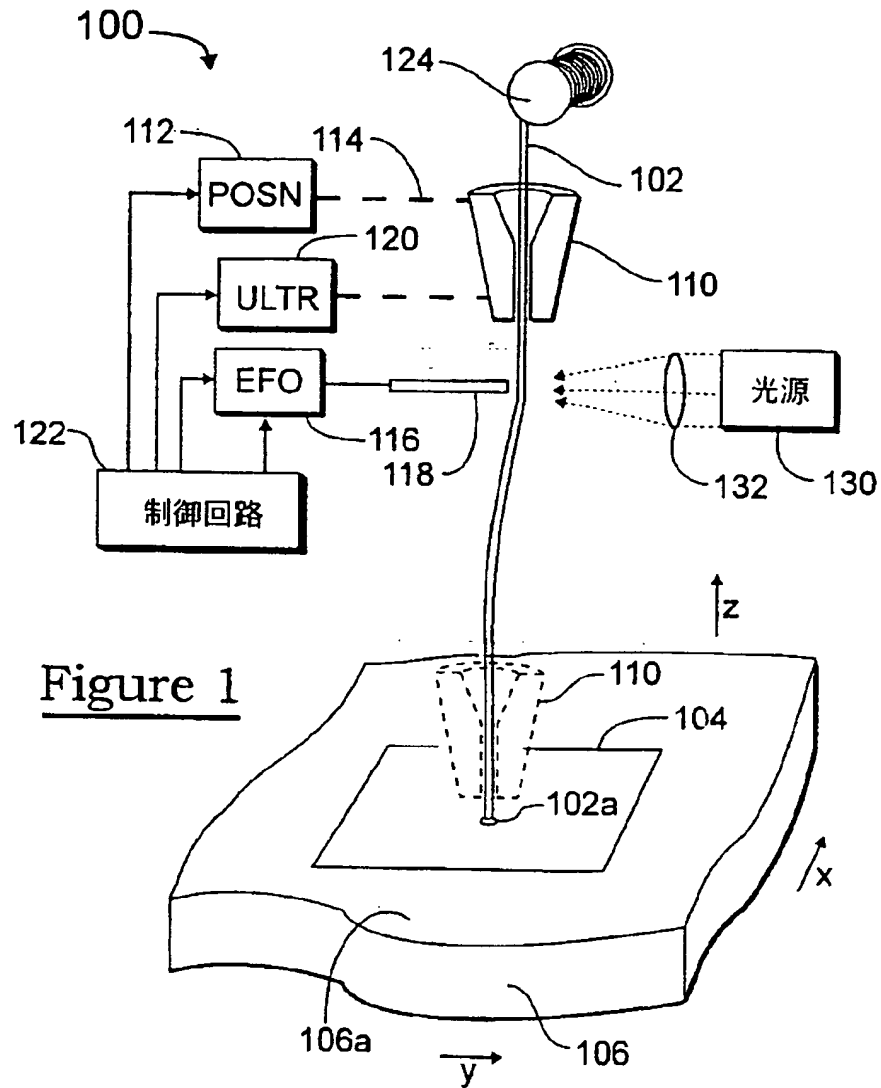
上述のように、後続のボンディングのために、ワイヤの供給部分の先端にボールを生成するのが失敗すると、結果として、工程の遮断となる。ほんの些細な問題点として、不確定寸法のボール（例えば、236）は、ボンディングを開始す

るには十分であるが、その結果として、ワイヤボンディング工程にわたって、不確定な z 軸制御となり得る。供給ワイヤの端部にボールがあると想定されるだけでなく、また、一定の再現性のある寸法になると期待される。本発明の技法（例えば、紫外光、ワイヤの予備荷重）は、ボール形成を保證する助けとなるだけでなく、ワイヤの切断時に形成されるボール寸法の更なる均一性を確實なものにする。

図面及び以上の説明において、本発明を詳細に例示及び説明してきたが、本発明は、文言における限定としてではなく、例示として

見なされるべきである。すなわち、ここで理解されたいのは、好適な実施例のみを図示及び説明したということ、及び本発明の趣旨内に入る全ての変形及び修正も、望ましく保護されるということである。疑うべくもなく、上記の「主題」に関する多数の他の「変形例」も、本発明の最も近くに属する、当該技術で通常の知識を有する者が想到するであろうし、また本明細書に開示されるような変形例は、本発明の範囲内にあることを意図するものである。これら変形例の幾つかは、親事例に記載されている。

【図1】



【図1】

Figure 1A

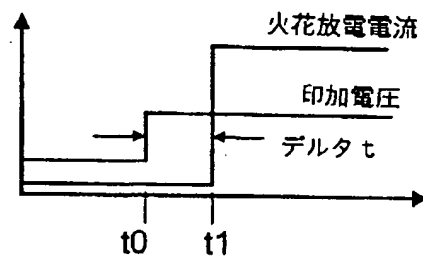


Figure 2A

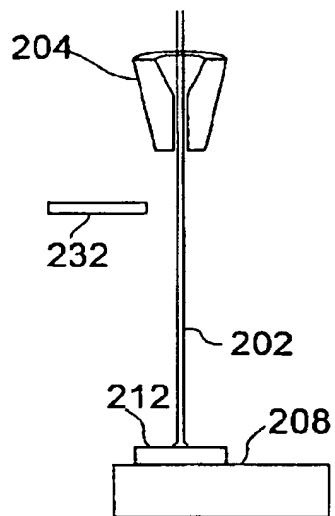


Figure 2B

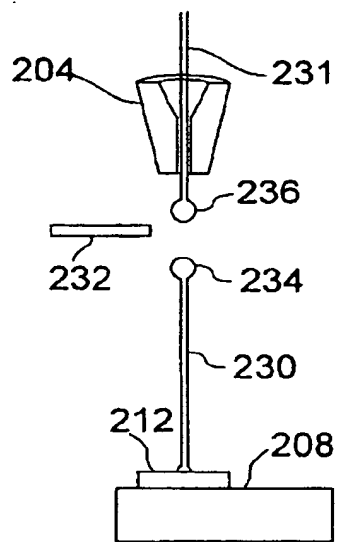


Figure 2C

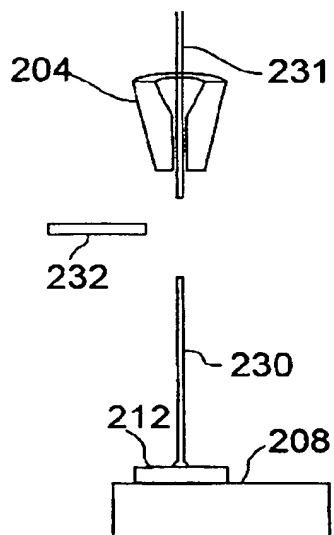
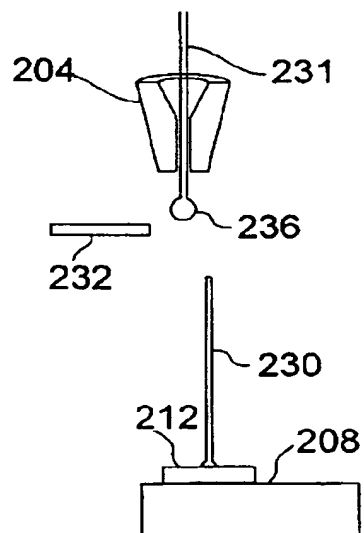


Figure 2D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US96/07924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) :B23K 9/067

US CL :219/56.22, 56.21, 130.4

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 219/56.21, 56.22, 69.17, 130.4; 361/253.256.257

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US,A, 5,095,187 (GLIGA) 10 MARCH 1992. SEE THE ENTIRE DOCUMENT.	3,20 6,9-11,14 19
Y	US,A, 5,006,688 (CROSS) 09 APRIL 1991. SEE THE ENTIRE DOCUMENT.	6,9-11, 14-19
Y	US,A, 4,829,153 (CORREY) 09 MAY 1989. SEE THE ENTIRE DOCUMENT.	6,9-11 14-19
Y	US,A, 3,214,563 (FORD) 26 OCTOBER 1965. SEE THE ENTIRE DOCUMENT.	6,9-11, 14-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 SEPTEMBER 1996

Date of mailing of the international search report

15 OCT 1996

Name and mailing address of the ISA/US
Commissioner of Patents and Trademarks
Box PCT
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

CLIFFORD C. SHAW

Telephone No. (703) 308-1712

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 08/533, 584
(32)優先日 1995年10月18日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(31)優先権主張番号 08/554, 902
(32)優先日 1995年11月9日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(31)優先権主張番号 PCT/US95/14909
(32)優先日 1995年11月13日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(31)優先権主張番号 08/558, 332
(32)優先日 1995年11月15日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(31)優先権主張番号 08/573, 945
(32)優先日 1995年12月18日
(33)優先権主張国 米国 (US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, UG), AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TT, UA, UG, US, UZ, VN